


**CURRENT SENSOR AND SETTING METHOD FOR RANGE OF
DETECTION CURRENT THEREOF**

Patent Number: JP5002033
Publication date: 1993-01-08
Inventor(s): SHIMIZU SHINKICHI; others: 02
Applicant(s):: FUJITSU LTD
Requested Patent:  JP5002033
Application Number: JP19910194558 19910803
Priority Number(s):
IPC Classification: G01R15/02 ; G01R19/00
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PURPOSE:To improve a high-frequency response characteristic regarding a current sensor using a magnetoresistance element and a conductor through which a detection current flows and regarding a setting method of the range of the detection current thereof.

CONSTITUTION:A current sensor is equipped with a conductor 1 which is made to generate a current magnetic field by making a detection current (i) flow therethrough, a magnetoresistance element 2 which is disposed corresponding to the conductor 1, supplied with an operating current and detects the current magnetic field, and a magnetic shield member 3 which shields the conductor 1 and the magnetoresistance element 2 from an external magnetic field. The magnetic shield member 3 is formed of an insulative soft ferrite material. For setting the range of the detection current, the shape of a section of a prescribed part of the conductor 1 facing the magneto-resistance element 2 is selected.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-2033

(43)公開日 平成5年(1993)1月8日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 R 15/02		A 6723-2G		
19/00		A 9016-2G		

審査請求 未請求 請求項の数8(全 9 頁)

(21)出願番号	特願平3-194558	(71)出願人	000005223 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
(22)出願日	平成3年(1991)8月3日	(72)発明者	清水 信吉 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内
(31)優先権主張番号	特願平2-309204	(72)発明者	倉島 茂美 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内
(32)優先日	平2(1990)11月15日	(72)発明者	丹治 成生 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内
(33)優先権主張国	日本(JP)	(74)代理人	弁理士 井桁 貞一

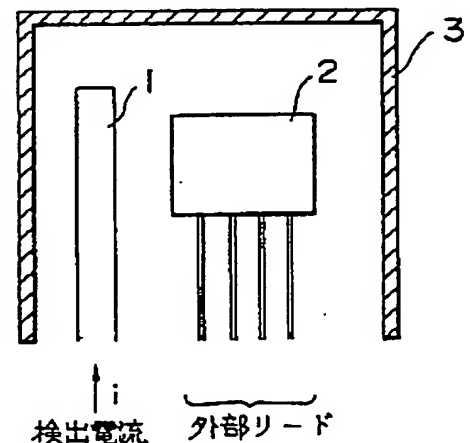
(54)【発明の名称】 電流センサ及びその検出電流範囲の設定方法

(57)【要約】

【目的】 磁気抵抗素子と検出電流が流れる導体とを利用した電流センサ及びその検出電流範囲の設定方法に関し、高周波応答特性の改善を目的とする。

【構成】 検出電流 i を流すことによって電流磁界を発生させる導体1と、導体1に対応して配され作動電流の供給を受けて該電流磁界を検出する磁気抵抗素子2と、導体1及び磁気抵抗素子2を外部磁界から磁氣的に遮蔽する磁気シールド部材3とを備える電流センサにおいて、磁気シールド部材3が絶縁性ソフトフェライト材料から形成されるように構成する。検出電流範囲の設定には、磁気抵抗素子2と対峙する導体1の所定部の断面形状を選定するように構成する。

本発明の電流センサの基本的構成図



【特許請求の範囲】

【請求項1】 検出電流（ i ）を流すことによって電流磁界を発生させる導体（1）と、該導体（1）に対応して配され作動電流の供給を受けて該電流磁界を検出する磁気抵抗素子（2）と、該導体（1）及び該磁気抵抗素子（2）を外部磁界から磁氣的に遮蔽する磁気シールド部材（3）とを備える電流センサにおいて、該磁気シールド部材（3）が絶縁性ソフトフェライト材料から形成されることを特徴とする電流センサ。

【請求項2】 前記導体（1）は、前記磁気抵抗素子（2）と対峙する所定部の断面が他の導体部分の断面よりも小さく形成されていることを特徴とする請求項1記載の電流センサ。

【請求項3】 前記導体（1）は、前記所定部の長さ方向の中心線が前記磁気抵抗素子（2）の中心を通る垂線に交差することを特徴とする請求項2記載の電流センサ。

【請求項4】 前記導体（1）は、前記所定部の長さ方向の中心線が前記磁気抵抗素子（2）の中心を通る垂線から一側にずれていることを特徴とする請求項2記載の電流センサ。

【請求項5】 前記磁気シールド部材（3）が、前記導体（1）の配される面側に該導体（1）の形状よりも大きな開口を備えることを特徴とする請求項1又は2に記載の電流センサ。

【請求項6】 検出電流（ i ）を介して電流磁界を発生させる導体（1）と、該導体（1）に対応して配され作動電流の供給を受けて該電流磁界を検出する磁気抵抗素子（2）と、前記導体（1）及び前記磁気抵抗素子

（2）を外部磁界から磁氣的に遮蔽する磁気シールド部材（3）とを備える電流センサの検出電流範囲の設定方法において、前記導体（1）の、磁気抵抗素子（2）と対峙する所定部の断面形状の選定により、前記検出電流（ i ）の範囲を設定することを特徴とする電流センサの検出電流範囲の設定方法。

【請求項7】 前記導体（1）の所定部の断面形状の選定が、該所定部の幅寸法の変化であることを特徴とする請求項6記載の電流センサの検出電流範囲の設定方法。

【請求項8】 前記導体（1）の所定部の断面形状の選定が、該所定部の厚さ寸法の変化であることを特徴とする請求項6記載の電流センサの検出電流範囲の設定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、電流センサ及び電流センサの検出電流範囲の設定方法に関し、特に、高周波応答特性の改善を図った電流センサ並びに検出電流範囲の設定の容易性を図った電流センサの検出電流範囲の設定方法に関する。

【0002】電流センサとして、センサの小形化及びセ

ンサ感度の向上等の目的のため、磁気抵抗素子を介して検出電流が発生させる電流磁界を検出する方式を採用した磁気抵抗効果利用型の電流センサ（磁気検出装置）が特開平1-299481号公報に提案されている。

【0003】

【従来の技術】図16に基づいて、前記公報記載の磁気抵抗効果利用型の従来の電流センサについて説明する。同図において、1は導体、2は磁気抵抗素子、3はパーマロイ板から成る磁気遮蔽容器である。この電流センサでは、導体1に外部から流入する検出電流 i によって電流磁界 H を発生させ、別に作動のための電流をリード部6を介して供給されている磁気抵抗素子2によって前記電流磁界 H を抵抗変化に変えており、別の検出部を介してこの抵抗変化を検出する。電流センサの外側には、外部磁界 H_{ex} から電流センサを磁氣的に遮蔽するための磁気遮蔽容器3が電流センサ全体を取り囲むように配されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】前記公報記載の電流センサの場合、磁気遮蔽容器3はパーマロイ板材から形成されている。パーマロイ板材から成る磁気遮蔽は、磁気遮蔽としてきわめて一般的で効果的な方法として知られている。しかし、この磁気遮蔽は、検出電流によって発生する電流磁界のために磁気遮蔽容器内部に渦電流が発生するという問題がある。この渦電流による磁界は、検出電流による電流磁界を弱めるように作用し、このため検出電流がパルス波形等の如き急峻な波形を有する場合には、この電流センサの出力波形が検出電流のパルス波形を忠実に再現できないことにつながり、繰返し周波数の高いパルス電流の検出には使用できない等、センサの用途に制約が生ずる。

【0005】また、電流センサは、きわめて小形化が要請されており、小さな磁気遮蔽容器内部に收容する必要があるため、導体及び磁気抵抗素子の形状・寸法等の構造に大きな制約が加えられる。このため、その構造の簡素化及び製作コストの低減、並びに大量生産に適合した構造とすることを前提として、様々な電流値を有する検出電流に対していかに電流センサの検出電流範囲を設定するかという点が問題となる。しかし、前記公報の場合、この点についての開示はない。

【0006】本発明の第一の目的は、上記従来の電流センサの問題に鑑み、パルス波形等の急峻な波形を有する検出電流についても、センサの出力波形において検出電流波形を忠実に再現でき、繰返し周波数の高いパルス電流についても精度の高い電流センサを提供することに存する。

【0007】更に本発明の第二の目的は、同様に従来の電流センサの有する問題に鑑み、センサ形状が簡素化でき、製作コストが低減できると共に大量生産が可能な電流センサの検出電流範囲の設定方法の提供に存する。

【0008】

【課題を解決するための手段】図1は本発明の基本構成を示す概念図である。同図において1は導体、2は磁気抵抗素子、3は磁気シールド部材を夫々示す。本発明では、前記第一の目的を達成するため、検出電流*i*を介して電流磁界を発生する導体1と、作動電流の供給を受けると共に導体1と対応して配される磁気抵抗素子2と、導体1及び磁気抵抗素子2を外部磁界から磁気的に遮蔽する磁気シールド部材3とを備える電流センサにおいて、磁気シールド部材3が絶縁性ソフトフェライト材料から形成されるように構成し、また前記第二の目的を達成するため、検出電流*i*を介して電流磁界を発生する導体1と、作動電流の供給を受けると共に導体1と対応して配される磁気抵抗素子2と、導体1及び磁気抵抗素子2を外部磁界から磁気的に遮蔽する磁気シールド部材3とを備える電流センサの検出電流範囲の設定方法において、導体1の、磁気抵抗素子2と対峙する所定部の断面形状の選定により、前記検出電流の範囲を設定するように、さらに所定部の断面形状の選定に際して、導体1の所定部の幅寸法または厚さ寸法を変えることによって構成する。

【0009】

【作用】磁気シールド部材を絶縁性フェライトから形成することで、電流磁界のために磁気シールド部材内に発生する渦電流を防止できるので電流磁界を弱める虞れがなく、また絶縁性ソフトフェライト材料は透磁率 μ の周波数特性が一樣であるため、検出電流の波形が忠実に再現できる。

【0010】導体の所定部の断面形状の選定によって電流センサの検出電流範囲を設定するという構成により、磁気抵抗素子及び磁気シールド部材の形状・寸法を変えることなく、多数の検出電流値に適合可能な電流センサを供給できる。

【0011】

【実施例】図面に基いて本発明を更に説明する。図2は本発明の一実施例に係る電流センサの要部を示す斜視図である。同図において、1は導体、2は磁気抵抗素子、3は磁気シールド部材を成す遮蔽板を夫々示す。この実施例の電流センサでは、非磁性材料、好ましくは樹脂材料から形成される支持ボード5上に磁気抵抗素子2が支持されており、磁気抵抗素子2の図示されないリード部は支持ボード5を図面上で見て下側に貫通している。

【0012】導体1は、両端の端子部1Aで幅が広く形成され、磁気抵抗素子2に対峙する中央部（所定部）1Bで幅が狭く形成されており、全体として帯状をなす銅板から製作され、図示しない静電遮蔽を兼ねるケースによって絶縁材を介して支持される。

【0013】さらに、磁気抵抗素子2の中心を通る垂線2aが、導体中央部1Bの長さ方向の中心線1aに交差する導体1は、磁気抵抗素子2と対峙する所定部を成す

中央部1Bにおいて幅*a*の大きさを所定値に選定され、磁気シールド部材を成す磁気遮蔽板3は、その一部を破線にて示すように、支持ボード5の溝51内に挿入されて支持される。この実施例の導体1の場合、導体厚み*t*が3mm、導体全長が約30mm、導体幅は、1A部分では約15mm、1B部分の*a*の値として約5mmが、夫々採用されている。

【0014】図3（イ）及び（ロ）は夫々、図2で示した実施例のセンサの全体構造を示すための側面断面図及び平面図である。なお、同図に示したように、この電流センサは静電遮蔽をなすケース4で全体が覆われた構造を有し、ケース4内部に支持ボード5が支持されている。

【0015】磁気抵抗素子2は、絶縁カバー8内に収納され、支持ボード5を貫通するリード部2Aを介して支持ボード5に支持されており、リード部2Aと外部リード線6とが接続される。多数の磁気遮蔽板3は前記の如く支持ボード5の構内に挿入されて支持ボード5によって支持されており、内部点検等のため取外し自在である。

【0016】図4は、本発明の電流センサで磁気遮蔽として採用される絶縁性ソフトフェライトの一般的な透磁率 μ の周波数特性を通常の磁気遮蔽材であるパーマロイの透磁率 μ の周波数特性と対照させて示したものである。

【0017】同図に示したように各種の選択ソフトフェライト材料は、いずれも透磁率 μ の周波数特性がきわめて平坦であり、このためパルス波からなる入力電流の検出にあたっては、パーマロイを磁気遮蔽として使用した従来の電流センサに比して、出力波形における入力波形の再現性がきわめて良好となる。

【0018】図3に戻り、導体1は取付孔9内に挿入される取付ボルトを介して絶縁台7上部に支持されて磁気抵抗素子2の絶縁カバー8直下に配されている。導体1は、両端の端子部1Aにおいて外部リード6と接続されて検出電流*i*を供給される。導体1は、磁気抵抗素子2と対峙する所定部を成す中央部1Bの幅*a*の大きさ、或いは厚み*t*の寸法によって、検出電流範囲が設定される。好ましくは、厚み*t*を一定として中央部1Bの幅*a*の選定が採用される。

【0019】導体1の厚み*t*を、中央部1Bの長さに対して十分に小さくすれば、検出電流*i*によって磁気抵抗素子2に生ずる電流電界は、

$$H = (1/4\pi) \cdot (i/a) \cdot (\theta_1 - \theta_2)$$

（但し θ_1 及び θ_2 は磁界測定点と導体両側部とを結ぶ線と導体面のなす角度）である。導体1と磁気抵抗素子2との相対位置を決めることで $\theta_1 - \theta_2$ は一定となり、この式によって導体1の中央部1Bの幅*a*によって、磁気抵抗素子2の位置における磁界の大きさが選定される。

【0020】導体幅の選定の様子は図11のグラフに示されている。同図において、横軸は磁気抵抗素子2と対峙する所定部を成す導体1の中央部1Bの幅を、縦軸は、検出電流の通電によって生ずる導体内部の電力損(W)及び換算発生磁界(0e)をとっている。なお、図の値は導体厚みtを3mmとしたときの値である。

【0021】曲線(a), (b)は夫々、検出電流が200Aのときの電流損及び発生磁界を、曲線(c), (d)は夫々、検出電流が100Aのときの電流損及び換算発生磁界を、曲線(e), (f)は夫々、検出電流が50Aのときの電流損及び換算発生磁界を、示している。

【0022】電流損の0.4Wの位置に示した下向きの矢印は、各検出電流値に対して電力損をこの値0.4W以下にするように導体幅aを選定することを意味し、換算発生磁界の150eの位置に示した上向きの矢印は、磁気抵抗素子の磁界検出感度を考慮して検出電流の発生磁界Hxがこの値150e以上となるように導体幅を選定することを意味している。

【0023】例えば検出電流の最大値が100Aの場合には、電力損0.4W上になる曲線(d)の位置Aから、導体幅が約3mm以上として得られ、発生磁界150e上にある曲線(c)の位置Bから導体幅1.2mm以下が得られ、この範囲内の導体幅、例えば7.5mm幅の導体幅が選定される。

【0024】このようにすると、他の部材、及び要素のサイズ、配置、形状等の変更を要することなく、単に導体幅aの選定のみで種々の大きさの検出電流に対してセンサの最も適当な磁界感度範囲を適合させることができ、好適である。

【0025】導体の所定部の幅aの選定に代えて厚みtの選定によって検出電流範囲を設定することも可能であり、また導体の側面部を磁気抵抗素子に対峙させ、導体の幅aの選定により検出電流範囲を設定することもでき、いずれも本発明の電流センサの検出電流範囲の設定方法に含まれる。後者の場合、厚みtを小として $H = (1/4\pi) \cdot (i/a) \cdot \log(r_2/r_1)$ (r1, r2は夫々導体両側面と磁気抵抗素子との距離)の式が利用できる。

【0026】上記実施例では、磁気抵抗素子はバーバーボール形磁気抵抗素子が採用されている。図6は、この実施例で採用されるバーバーボール形磁気抵抗素子2の構成を示す平面略図である。

【0027】図6において、四個の各磁気抵抗素子部分2-1~2-4は外部端子21~24を介してホイートストーンブリッジとして接続されており、導体パターン2の形成方向を除いて互いに同じ形状を有する。この形式の磁気抵抗素子2は、特開昭64-22076号公報に記載されたものと同様な構成を有している。各磁気抵抗素子部分2-1~2-4は長い直線状部25がつづら状

に直列に接続されている。

【0028】図7は上記バーバーボール形磁気抵抗素子の直線状部25の基本構成を略図的に示す各磁気抵抗素子部分2-1~2-4の部分拡大平面図であり、同図

(イ)は四つの内二つの磁気抵抗素子部分2-1及び2-3の直線状部25の構成を、同図(ロ)は別の二つの磁気抵抗素子部分2-2及び2-4の直線状部25の構成を、夫々示す。同図において、26は例えばパーマロイ(Ni-Fe)から成る磁性薄膜を、27, 28は例えば金(Au)から成る導体パターンを示し、導体パターンは両端の電極部27と中央の帯状導体層28とから成る。

【0029】磁性薄膜26は図示M方向に一軸磁気異方性を与えられると共に初期磁化されており、各導体パターン27, 28は、この磁性膜26上に薄膜として形成され、左右両端の電極部分26を結ぶ線に対し45度で傾斜して所定間隔で配列された多数の帯状導体層28とでバーバーボール様のパターンに形成される。

【0030】図7(イ), (ロ)にて示したように磁気抵抗素子部分2-1, 2-3と磁気抵抗素子部分2-2, 2-4とは互いに90度異なる方向に帯状導体層28が配されており、いずれの帯状導体層の方向も初期磁化の方向M及び電流磁界Hの方向と45度方向又は135度方向である。この構成に従い、各磁性薄膜26を流れる電流方向mは図示した方向、即ち帯状導体層28の長軸と直角方向である。

【0031】図8は各バーバーボール形磁気抵抗素子部分における抵抗変化を示す作用説明図である。曲線(a), (b)は夫々図7に示した磁気抵抗素子の直線状部25の構成説明図の(イ), (ロ)と対応して示してある。

【0032】図8に示したように電流磁界Hの増加に伴って、図7(イ)の直線状部25を有する磁気抵抗素子部分2-1, 2-3は抵抗値が増大し、図7(ロ)の直線状部25を有する磁気抵抗素子部分2-2, 2-4は抵抗値が減少する。

【0033】更に、外部磁界が反転する場合には抵抗変化は逆になり、通常の磁気抵抗素子が磁界の正負方向に対して同じ抵抗変化を起こすのとは異なる。このため、ホイートストーンブリッジ回路として構成した実施例の電流センサの場合、検出電流の極性の判別も可能である。

【0034】図9(イ), (ロ)に示した各曲線は、磁性薄膜71の初期磁化と夫々逆方向又は順方向に永久磁石によって磁気抵抗素子にバイアス磁界を与えた場合の抵抗変化を示す特性図である。

【0035】同図に示すように、永久磁石のバイアス磁界の方向及び大きさを種々選定することにより、特定回路の制御電流の大きさに適合させることができる。また、同図(ロ)の順方向バイアスの場合、バイアス磁界

を大きくすると、曲線Fから順次曲線Kに移行し、磁界と抵抗変化との関係が、リニアになるというメリットもある。同図(イ)の如く永久磁石のバイアス方向を初期磁化の方向と逆方向にする場合において、バイアス磁界が大きいたときには磁気抵抗素子は感度が低下し、更に大きいたときには出力特性が逆転する。

【0036】図10はバーバーボール形磁気抵抗素子の一般的な構造を示すための断面図である。なお、同図では磁気抵抗素子2の磁性薄膜の初期磁化方向Mと同方向M₀に、永久磁石201のバイアス磁界を与える例について示してある。

【0037】同図において、この磁気抵抗素子2は、永久磁石201上にSi基板202を設け、該Si基板上に、SiO₂膜203、パーマロイの磁性薄膜204、密着層205、導体層206を順次積層すると共に所定のパターンに形成し、更にその上から保護層207によって全体が覆われる。

【0038】磁性薄膜204は、図示M方向に一軸磁気異方性が与えられ、且つ初期磁化がなされている。永久磁石として、フェライト磁石、Fe-Cr-Co磁石、或いはアルニコ磁石等を用いることができる。

【0039】図12は上記実施例の電流センサ及びそれに付属する増幅器を介して得られる出力波形を説明するための図であり、(イ)は検出電流(入力電流)波形を、(ロ)は本実施例の電流センサの出力波形を、夫々示している。

【0040】同図に示したように本実施例の電流センサの出力波形は、検出される入力電流波形をかなり忠実に再現できており、高周波応答特性(特にスリューレート)の改善がなされている。

【0041】なお、上記実施例の出力波形との比較のため、一例として磁気コアとコイルとを使用した形式の従来の電流センサの出力波形を同図(ハ)に示した。図5は本発明の別の実施例の電流センサである。図2に示した実施例1の電流センサとの違いは、導体1が静電遮蔽ケース及び磁気シールド部材の開口部から露出しており、且つ静電ケース下側から交換可能にした点である。

【0042】このようにすると一つの電流センサにおいて導体の所定部の断面形状、例えば導体幅を変えることにより、種々の検出電流範囲に対応可能とすることができるといふ利点がある。この場合導体幅の選定範囲を、単に所定部を成す中央部の範囲にとどめることとすれば、導体取付部の形状を変える必要がないので、導体の互換性が確保される。

【0043】図13は本発明の他の実施例による電流センサの要部を示す斜視図、図14は図13に示す導体を使用した電流センサの測定電流と発生磁界、電力損失との関係を示す図(その1)、図15は図13に示す導体を使用した電流センサの測定電流と発生磁界、電力損失との関係を示す図(その2)である。

【0044】図13において、1は導体、2は磁気抵抗素子であり、平面視コ字形の導体1は、磁気抵抗素子2に対峙する中央部1Dが両端の端子部1Cより小断面に形成されている。導体1は、磁気抵抗素子2に対峙する中央部(所定部)1Dの中心線1aが磁気抵抗素子2の中心を通る垂線2aと交差しないように配せられ、中央部1Dの幅をa、厚さをtとしたとき、検出電流の強さに対する中央部1Dの断面形状は、幅aまたは厚さtを変えることになる。

【0045】そこで、例えば銅板よりなり検出電流が200Aである導体1が、図13に実線で示すコ字形でありその厚さtが6mm、幅aが4mmのとき、検出電流が100Aである導体1は、図13に破線で示す如く削除して幅aを1.5mmとし、検出電流を50Aとするには、図13に二点鎖線で示す如く削除して幅aを0.8mmとする。

【0046】図14は、図13に示す導体中央部の厚さを変える方法で形成した50A用、100A用、200A用導体1に付いて発生磁界(Oe)を実測し、その測定値をプロットしたものである。図15は、図13に示す導体中央部の幅を変える方法で形成した50A用、100A用、200A用導体1に付いて発生磁界(Oe)を実測し、その測定値をプロットしたものである。

【0047】図14および図15から明らかなように、導体中央部の断面形状を変えることによって、200A用導体1から実用的な50A用、100A用導体1が、容易に製造される。しかし、コ字形導体1を基本体としたとき、導体中央部の断面形状の変化は、幅を変えたものより厚さを変えた方が、低電流に対する発生磁界が大きくなるため有利である。

【0048】

【発明の効果】以上説明したように、本発明においては、磁気シールド部材を絶縁性ソフトフェライト材料から形成したことにより、高周波応答特性に秀れ、検出電流の波形を忠実に再現できる電流センサを提供することができる。また導体幅の選定により検出電流範囲を設定することで、磁気抵抗素子及び磁気遮蔽部材の変更を要することなく種々の電流値に対応可能となるので、互換性に秀れる電流センサの検出電流範囲の設定方法を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の電流センサの基本的構成図である。

【図2】 実施例1の電流センサの要部斜視図である。

【図3】 実施例1の電流センサの断面図と平面図である。

【図4】 フェライトとパーマロイの透磁率μの周波数特性の説明図である。

【図5】 実施例2の電流センサの断面図である。

【図6】 バーバーボール形磁気抵抗素子の概略平面図である。

【図7】 バーバーボール形磁気抵抗素子の直線状部の構成説明図である。

【図8】 バーバーボール形磁気抵抗素子の作用説明図である。

【図9】 バーバーボール形磁気抵抗素子のバイアス磁界による安定化の説明図である。

【図10】 バーバーボール形磁気抵抗素子の構造断面図である。

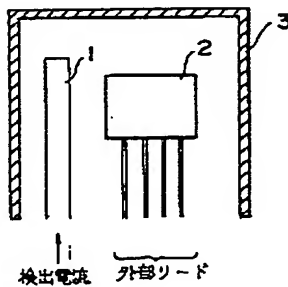
【図11】 電流センサの導体幅と電力損及び発生磁界の関係を示す図である。

【図12】 電流センサの波形説明図である。

【図13】 本発明の他の実施例による電流センサの要部を示す斜視図である。

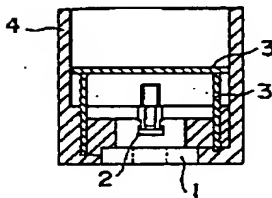
【図1】

本発明の電流センサの基本的構成図

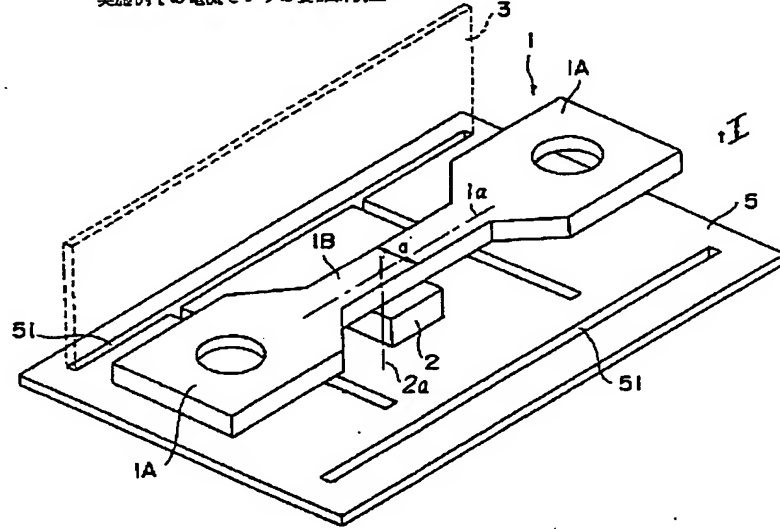


【図5】

実施例2の電流センサの断面図

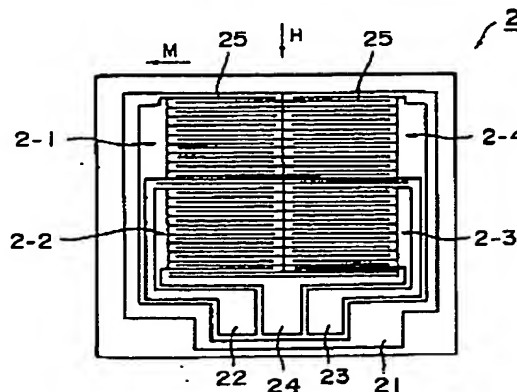


実施例1の電流センサの要部斜視図



【図6】

バーバーボール形磁気抵抗素子の概略平面図



【図14】 図13に示す導体を使用した電流センサの測定電流と発生磁界、電力損失との関係を示す図（その1）である。

【図15】 図13に示す導体を使用した電流センサの測定電流と発生磁界、電力損失との関係を示す図（その2）である。

【図16】 磁気抵抗素子を使用した従来の電流センサの斜視図である。

【符号の説明】

10 1, 11は導体

1B, 1Dは導体の中央部（所定部）

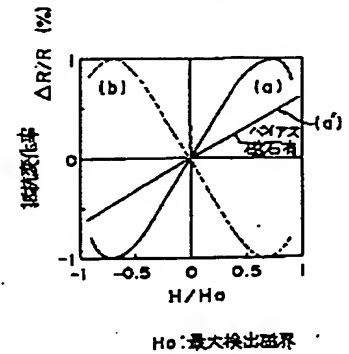
2は磁気抵抗素子

3は磁気シールド部材

【図2】

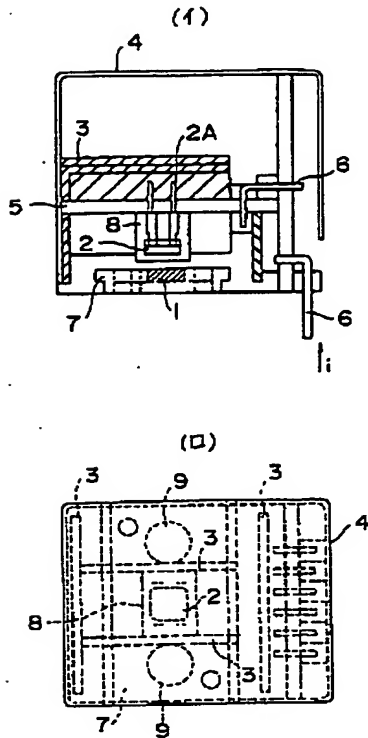
【図8】

バーバーボール形磁気抵抗素子の作用説明図

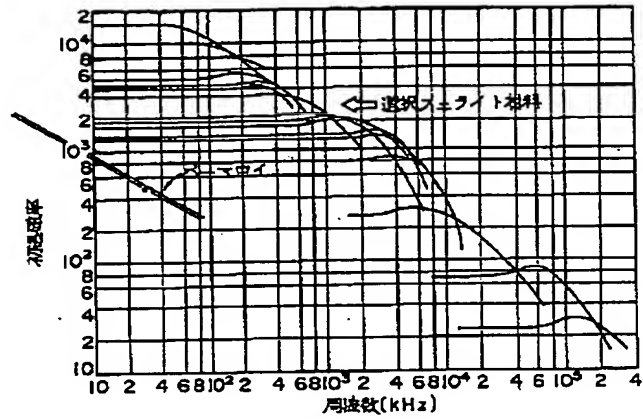


【図3】

実施例1の電流センサの断面図と平面図



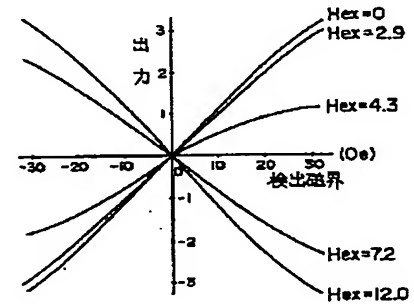
【図4】

フェライトとパーマロイの透磁率 μ の周波数特性の説明図

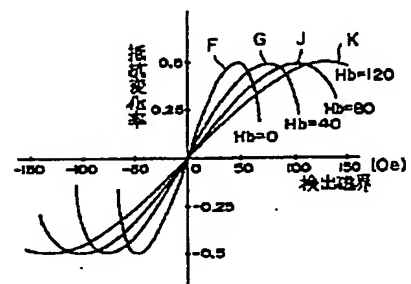
【図9】

バーバーボール形磁気抵抗素子のバイアス磁界による安定化の説明図

(1)

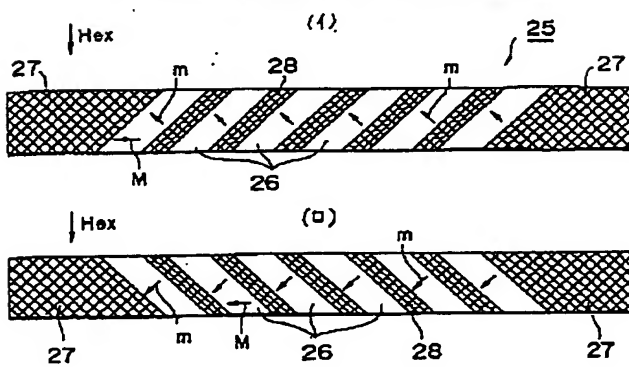


(2)



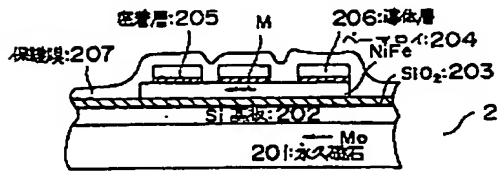
【図7】

バーバーボール形磁気抵抗素子の直線状部の構成説明図



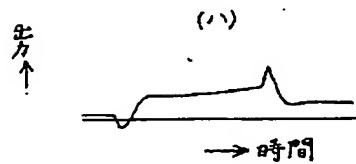
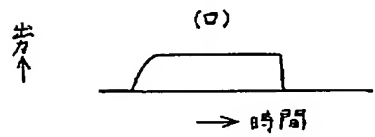
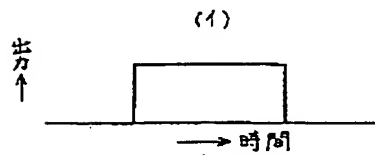
【図10】

バーバーポール形磁気抵抗素子の構造断面図



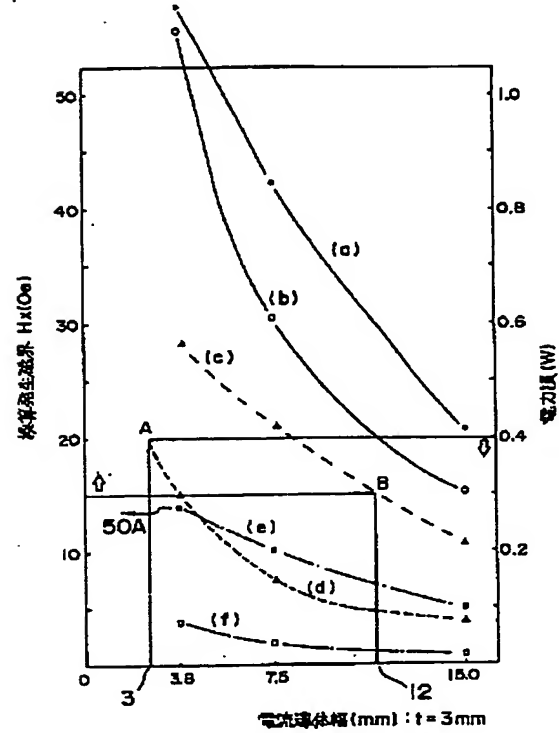
【図12】

電流センサの波形説明図



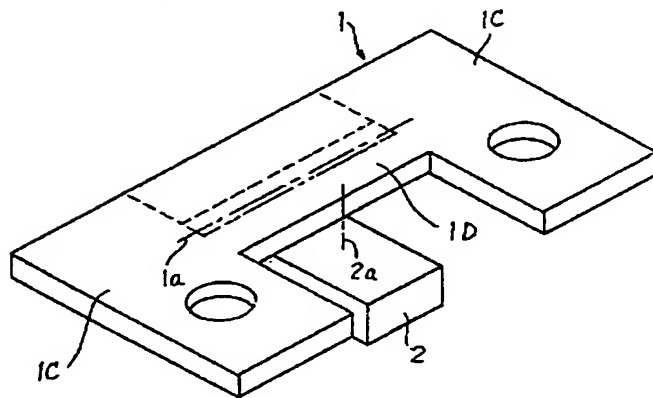
【図11】

電流センサの導体幅と電力損失及び発生磁界の関係を示す図



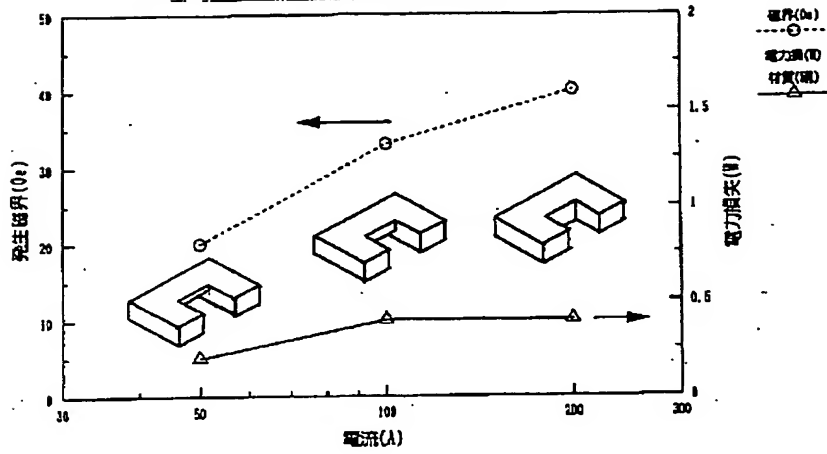
【図13】

本発明の他の実施例による電流センサの要部を示す斜視図



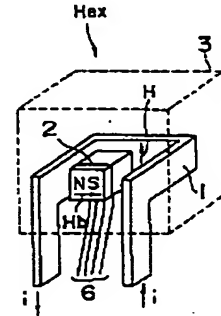
【図14】

図13に示す導体を使用した電流センサの測定電流と発生磁界、電力損失との関係を示す図（その1）



【図16】

磁気抵抗素子を使用した従来の電流センサの斜視図



【図15】

図13に示す導体を使用した電流センサの測定電流と発生磁界、電力損失との関係を示す図（その2）

